

# 美国无架豇豆单株产量构成因素分析

刘乐承, 吴昊 (长江大学园艺园林学院, 湖北荆州 434025)

**摘要** [目的]明确影响单株产量的重要因素,为美国无架豇豆栽培以及良种繁育提供参考。[方法]定株调查每株美国无架豇豆的豆荚数、荚重、荚长、花序数,拉秧时测定主茎高、分枝数及主茎节数,并计算单株产量,进行单株产量构成因素的相关分析和通径分析。[结果]豆荚数对单株产量的影响最大,且主要是直接正效应;荚长对单株产量的直接正效应居第2位;花序数、分枝数、主茎高及主茎节数对单株产量的直接或间接影响都较小或微弱;所研究7个性状对单株产量的总贡献为0.9381,说明没有漏掉影响较大的因素。[结论]生产中,从增加豆荚数着手来提高单株产量是直接而有效的,通过增大豆荚长度来提高单株产量也有一定效果。

**关键词** 美国无架豇豆;单株产量;构成因素;相关分析;通径分析

**中图分类号** S643.4 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2008)29-12651-02

## Analysis of the Components of Yield per Plant of American Non-bracket Cowpea

LIU Le-cheng et al (College of Horticulture and Gardening, Yangtze University, Jingzhou, Hubei 434025)

**Abstract** [Objective] The component of yield per plant would provide the reference for American non-bracket cowpea cultivation and multiplication. [Method] The cowpea number per pod, weight per pod, length per pod, number of inflorescence; and the height of main stem, number of branches and node of main stem at seedling-pulling at each single plant were investigated for the yield-calculating, and meanwhile, the analysis of relevant factor and path analysis of the component of yield/plant was conducted. [Results] The results indicated that the most important effective character was pod number, which affected yield per plant mainly with the directly positive effect. The directly positive effect of pod length on yield per plant was second. All the direct and indirect effects of inflorescence number, branch number, height and number of node of main stem on yield per plant were less. The total contribution of seven characters studied here was 0.9381, suggesting no important character was left out. [Conclusion] Therefore, in practice, it was direct and effective to increase yield per plant through the increment of pod number, and also it somewhat had effect to increase yield per plant through the increment of pod length, but the rest characters would not be considered as important factors.

**Key words** American non-bracket cowpea; Yield per plant; Component; Correlation analysis; Path analysis

无架豇豆即直立无支架豇豆,是豇豆(*Vigna sinensis* Endb)的一个变种。美国无架豇豆最早于1985年传入我国福建地区,由于生长期短、抗旱、抗热、高产,并且有较强的抗锈病和抗叶斑病能力<sup>[1-2]</sup>等诸多优点,在我国有扩大栽培的趋势,目前我国中部北部地区以及南方均有栽培。经过20多年来的引种试验,已经初步掌握了美国无架豇豆的高产优质栽培技术,也选育出了一些新的品种品系。尽管如此,我国对无架豇豆研究还很薄弱,现有的文献还局限于针对栽培技术的研究和新品种的介绍<sup>[3-6]</sup>,因此,研究既不全面系统也不深入。单株产量构成分析有助于了解作物单株产量的构成特点,明确作物单株产量构成中的重要因素<sup>[7]</sup>,可为采用适当的栽培措施提高单株产量,以及品种选育和提纯复壮提供依据。该研究以美国无架豇豆为材料,从分析单株产量与单株豆荚数、荚重、荚长、主茎高、花序数、分枝数及分枝节位等性状的相关关系入手,分析这些因素对单株产量的通径系数和决定系数,以明确影响单株产量的重要因素,为美国无架豇豆栽培以及良种繁育提供参考。

## 1 材料与方法

**1.1 材料** 美国无架豇豆种子由长江大学园艺园林学院提供,试验在长江大学设施园艺基地进行。

**1.2 方法** 试验地畦面宽100 cm,每畦2行,行距65 cm,穴距35 cm,每穴3株,最后留1株。2006年4月3日播种,7月15日拉秧。田间管理采用常规管理。进入采收期后隔天采收1次,从试验植株中随机选取22株,定株调查测定每株的豆荚数( $X_1$ )、荚重( $X_2$ )、荚长( $X_3$ )、花序数( $X_4$ )、拉秧时测定主茎高( $X_5$ )、分枝数( $X_6$ )及主茎节数( $X_7$ )并计算单株产量

( $Y$ )<sup>[7]</sup>。将所获得的数据利用“统计回归方程 Version3.10”软件进行相关系数分析,利用相关系数所列出的矩阵方程计算通径系数,在通径分析的基础上,计算各性状主效应、互作效应对单株产量的决定系数,并进行7个性状总贡献 $R^2$ 及各个性状对 $R^2$ 的贡献分析,从而算出决定系数<sup>[8]</sup>。

## 2 结果与分析

**2.1 单株产量与其构成性状间的相关分析** 由表1可知,单株产量( $Y$ )与豆荚数( $X_1$ )的相关系数为0.8747,达到了极显著相关,而单株产量与其他性状的相关系数都不显著,表明美国无架豇豆的单株豆荚数越多,单株产量越高。从表1还可以看出,在7个单株性状之间,荚重与荚长、主茎节数与主茎高的相关系数分别为0.7359和0.7892,都呈极显著正相关,而其余性状间的相关系数均没有达到显著水平,表明美国无架豇豆荚长则荚重,主茎高则主茎节数多。

**2.2 单株产量构成性状的通径分析** 由表2可知,豆荚数( $X_1$ )对 $Y$ 的直接通径系数达到了0.7598,居于7个性状的首位,而豆荚数通过其他6个性状对单株产量的间接效应相对微弱,表明豆荚数是影响单株产量最重要的因素,对单株产量的影响主要是直接效应。荚重( $X_2$ )对 $Y$ 的通径系数是0.1417,影响较小,通过另外6个性状对单株产量有较小或微弱的间接效应。荚长( $X_3$ )对 $Y$ 的直接通径系数为0.3108,影响居第2位,通过除分枝数、主茎节数外的4个性状对单株产量有较小的间接正效应。花序数( $X_4$ )对 $Y$ 的直接通径系数只有-0.0005,影响最小,通过另外6个性状对单株产量有极微弱的间接效应。主茎高( $X_5$ )对 $Y$ 的直接通径系数是0.1687,影响较小,通过另外6个性状对单株产量的间接效应较小或微弱。分枝数( $X_6$ )对 $Y$ 的直接通径系数是-0.0848,影响微弱,通过另外6个性状对单株产量的间接效应也很微弱。主茎节数( $X_7$ )对 $Y$ 的直接通径系数是

**作者简介** 刘乐承(1964-),男,湖北洪湖人,博士,副教授,从事园艺植物育种研究。

**收稿日期** 2008-07-28

表 1 美国无架豇豆性状间的相关系数  
Table 1 Correlation coefficients between characters of *V. sinensis*

指标 Index	Y	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>
Y	1.000 0							
X <sub>1</sub>	0.874 7**	1.000 0						
X <sub>2</sub>	0.393 4	0.049 6	1.000 0					
X <sub>3</sub>	0.585 2	0.228 5	0.735 9**	1.000 0				
X <sub>4</sub>	0.392 1	0.331 4	0.407 4	0.405 1	1.000 0			
X <sub>5</sub>	0.471 3	0.369 2	0.393 0	0.273 9	0.030 5	1.000 0		
X <sub>6</sub>	-0.302 8	-0.275 9	0.009 9	-0.060 9	0.246 9	-0.125 3	1.000 0	
X <sub>7</sub>	0.382 9	0.296 2	0.488 2	0.333 8	0.165 2	0.789 2**	-0.185 7	1.000 0

注: \* 和 \*\* 分别表示在 0.05 和 0.01 水平显著。X<sub>1</sub> 为豆荚数; X<sub>2</sub> 为荚重; X<sub>3</sub> 为荚长; X<sub>4</sub> 为花序数; X<sub>5</sub> 为主茎高; X<sub>6</sub> 为分枝数; X<sub>7</sub> 为主茎节数; Y 为产量。下表同。

Note: \* and \*\* stand for significance at 0.05 and 0.01 levels, respectively. X<sub>1</sub>. Number of pods; X<sub>2</sub>. Pod weight; X<sub>3</sub>. Pod length; X<sub>4</sub>. Inflorescence number; X<sub>5</sub>. Main stem height; X<sub>6</sub>. Branch number; X<sub>7</sub>. Node numbers of main stem; Y. Yield. The same as follows.

表 2 美国无架豇豆单株产量构成性状的通径系数  
Table 2 Path coefficients of yield component traits per plant of *V. sinensis*

性状 Character	直接效应 Direct effect	间接效应 Indirect effect						
		→X <sub>1</sub> →Y	→X <sub>2</sub> →Y	→X <sub>3</sub> →Y	→X <sub>4</sub> →Y	→X <sub>5</sub> →Y	→X <sub>6</sub> →Y	→X <sub>7</sub> →Y
X <sub>1</sub>	0.759 8		0.007 0	0.071 0	-0.000 2	0.062 3	0.023 4	-0.048 5
X <sub>2</sub>	0.141 7	0.037 7		0.228 7	-0.000 2	0.066 3	-0.000 8	-0.080 0
X <sub>3</sub>	0.310 8	0.173 6	0.104 3		-0.000 2	0.046 2	0.005 2	-0.054 7
X <sub>4</sub>	-0.000 5	0.251 8	0.057 7	0.125 9		0.005 1	-0.020 9	-0.027 1
X <sub>5</sub>	0.168 7	0.280 5	0.055 7	0.085 1	-0.000 0		0.010 6	-0.129 3
X <sub>6</sub>	-0.084 8	-0.209 6	0.001 4	0.018 9	-0.000 1	-0.021 1		-0.020 4
X <sub>7</sub>	-0.163 9	0.225 0	0.069 2	0.103 7	-0.000 1	0.133 1	0.015 7	

-0.163 9,影响较小,通过另外 6 个性状对单株产量的间接效应较小或微弱。

**2.3 单株产量构成性状对单株产量的影响** 由表 3 可知,豆荚数(X<sub>1</sub>)对 Y 的直接决定系数为 0.577 3,对 R<sup>2</sup> 的贡献为 0.664 7,居于各个因素之首,是影响单株产量最重要的因素。荚长(X<sub>3</sub>)对 Y 的直接决定系数为 0.096 6,居第 2 位,而它对 R<sup>2</sup> 的贡献为 0.181 9,也居第 2 位。主茎高(X<sub>5</sub>)、主茎节数(X<sub>7</sub>)和荚重(X<sub>2</sub>)对 Y 直接决定系数分别为 0.028 4、0.026 9 和 0.020 1,其直接影响效应分别列第 3、4、5 位,影响都较小;

在对 R<sup>2</sup> 的贡献中,主茎高、荚重分别为 0.079 5、0.055 7,分别第 3 和第 4 位,但主茎节数由于通径系数的值为负数,贡献值为负值(-0.062 8),而且这种负效应主要是通过对其他性状的间接影响来实现的;3 者对单株产量的影响都较小。分枝数(X<sub>6</sub>)对 Y 的直接决定系数 0.007 2,对 R<sup>2</sup> 的贡献为 0.025 7,影响微弱,而且主要是依靠间接影响其他的性状来实现。花序数(X<sub>4</sub>)对 Y 的影响的直接效应是 0.000 0,对 R<sup>2</sup> 的贡献为 -0.000 2,且影响非常微弱。

所研究的 7 个因素总贡献 R<sup>2</sup> 为 0.938 1,剩余的决定系

表 3 美国无架豇豆单株产量构成性状的决定系数  
Table 3 Determination coefficient of yield component traits per plant of *V. sinensis*

性状 Character	主效应 Main effect	互作效应 Interaction effect					
		d <sub>1j</sub>	d <sub>2j</sub>	d <sub>3j</sub>	d <sub>4j</sub>	d <sub>5j</sub>	d <sub>6j</sub>
X <sub>1</sub>	d <sub>1.1</sub> = 0.577 3						
X <sub>2</sub>	d <sub>2.2</sub> = 0.020 1	d <sub>12</sub> = 0.010 7					
X <sub>3</sub>	d <sub>3.3</sub> = 0.096 6	d <sub>13</sub> = 0.107 9	d <sub>23</sub> = 0.064 8				
X <sub>4</sub>	d <sub>4.4</sub> = 0.000 0	d <sub>14</sub> = -0.000 3	d <sub>24</sub> = -0.000 1	d <sub>34</sub> = -0.000 1			
X <sub>5</sub>	d <sub>5.5</sub> = 0.028 4	d <sub>15</sub> = 0.094 6	d <sub>25</sub> = 0.018 8	d <sub>35</sub> = 0.028 7	d <sub>45</sub> = -0.000 0		
X <sub>6</sub>	d <sub>6.6</sub> = 0.007 2	d <sub>16</sub> = 0.035 6	d <sub>26</sub> = -0.000 2	d <sub>36</sub> = 0.003 2	d <sub>46</sub> = -0.000 0	d <sub>56</sub> = 0.003 6	
X <sub>7</sub>	d <sub>7.7</sub> = 0.026 9	d <sub>17</sub> = -0.073 7	d <sub>27</sub> = -0.022 7	d <sub>37</sub> = -0.034 0	d <sub>47</sub> = 0.000 0	d <sub>57</sub> = -0.043 6	d <sub>67</sub> = -0.005 2

数仅为 0.061 9,说明这 7 个性状决定了单株产量变异的 93.81%,没有漏掉影响较大的因素,完全可以利用这些性状描述单株产量的表现。

**3 结论与讨论**

**3.1 豆荚数对单株产量的影响** 豆荚数与单株产量关系密切,与单株产量的相关系数达 0.874 7,对单株产量的直接通径系数和直接决定效应分别达到了 0.577 3 和 0.759 8,贡献值达到了 0.664 7,是所研究的 7 个性状中影响最大的因素,

尽管可以通过其他性状对单株产量产生影响,但是它对单株产量的效应主要是直接效应。因此,在生产中,从提高豆荚数着手来提高单株产量是直接而有效的。

**3.2 荚长、荚重对单株产量的影响** 荚长与单株产量的相关系数为 0.585 2,对单株产量的直接通径系数为 0.310 8,荚长对单株产量的直接决定效应为 0.096 6,对单株产量的贡献为 0.1819,在所研究的 7 个性状中均居于第 2 位,而且通

因子  $G_s$ 、 $G_i$  与净光合速率也无明显相关性,表明对净光合速率促进作用弱,可能存在光有效辐射等其他主导因素的影响,影响机制比较复杂,有待进一步研究。

### 3 结论与讨论

**3.1 播期对小麦净光合速率日变化及“四值”的影响** 结果表明,小麦开花期和灌浆期的净光合速率均以适播的数值较高,表明小麦适期播种比过晚或过早播种更有利于净光合速率提高。各播期在开花期和灌浆期旗叶净光合速率的日变化趋势总体上为双峰曲线,具有光合“午休”现象。光合“午休”似乎是植物在长期进化过程中形成的一种适应干旱环境的方法,引起叶片净光合速率降低的植物自身因素不外乎由气孔部分关闭和叶肉细胞光合活性下降来实现的<sup>[13]</sup>,实际情况如何,还有待深入研究。关于小麦叶片光合日下降现象在小麦和其他作物中均有报道<sup>[14]</sup>,它是反映叶片光合功能的一个重要指标,受叶片生理状态、生长时期等因素的影响。此外,净光合速率在灌浆期比开花期明显降低,表明小麦在灌浆期光合作用下降。因此,提高和延长灌浆期叶片的光合功能,对小麦高产栽培有积极意义。

**3.2 播期对小麦其他生态生理指标日变化的影响** 气孔导度和蒸腾速率是影响净光合速率的两个重要因素<sup>[15]</sup>,日变化具有显著的相关性。早上随着空气温度上升,气孔导度增加,蒸腾速率随之增高,至午间 12:00 左右蒸腾速率达到一天中的顶峰;午后高温持续的抑制作用,促使气孔部分关闭,气孔导度降低,蒸腾速率减小,以后由于气温快速下降,蒸腾速率也随着降低。试验表明,适播小麦的气孔导度在开花期比早播和晚播的分别增加 10.6% 和 25.8%,在灌浆期分别增加 13.8% 和 15.5%;而适播小麦的蒸腾速率在开花期比早播和晚播的分别增加 12.1% 和 21.1%,在灌浆期分别增加 24.0% 和 28.6%。可见,适播有利于小麦气孔导度和蒸腾速率的增加,早播或晚播的气孔导度、蒸腾速率则减小。胞间  $CO_2$  浓度日变化则不同,清晨和傍晚较高,12:00~14:00 下降明显,并在 14:00~16:00 维持较低的水平,这可能是光合作用利用  $CO_2$  的结果。此外,开花期适播小麦的胞间  $CO_2$  浓度比早播和晚播的分别降低 12.4% 和 19.6%,而灌浆期分别降

低 9.6% 和 11.5%,适播冬小麦对细胞间隙  $CO_2$  的利用能力得到增强,这是适播改善叶肉细胞光合能力的表现。

**3.3 小麦主要生态生理指标相关性分析** 蒸腾速率  $Tr$  与净光合速率  $P_n$  呈显著相关关系,与  $G_s$  呈极显著相关关系, $G_s$  与  $G_i$  的相关性达到显著水平。由此看出, $Tr$ 、 $G_s$ 、 $G_i$  是影响小麦净光合速率的主要生理指标,特别是  $Tr$  对净光合速率影响最大。因此,在生产上除了选择光合性能高的品种外,还可以通过改善小麦  $G_s$  提高  $Tr$ ,从而提高小麦光合能力。关于净光合速率与  $G_s$ 、 $G_i$  相关性不显著的原因,可以认为是由于小麦生理生态和环境因子综合作用的结果,其机理有待进一步研究。

### 参考文献

- [1] 赵忠宝,王福绪,刘奕琳,等. 杨粮复合系统内生态因子的变化及对小麦产量的影响[J]. 南京林业大学学报:自然科学版,2008,32(1):136-138.
- [2] 叶优良,王桂良,陈伟强,等. 豫北高产灌区小麦生产与肥料施用状况研究[J]. 河南农业科学,2008(1):53-57.
- [3] 黄振喜,王永军. 产量 15000 kg/ha 以上夏玉米灌浆期间的的光合特性[J]. 中国农业科学,2007,40(9):1898-1906.
- [4] 朱云集,李国强,郭天财,等. 不同供氮条件下施硫对冬小麦光合特性及籽粒产量的影响[J]. 水土保持学报,2007,21(2):142-146.
- [5] 党建友,张定一,裴雪霞,等. 除草剂对冬小麦光合特性、籽粒产量及品质的调控效应[J]. 西北植物学报,2007,27(7):1438-1445.
- [6] 杨文钰,樊高琼,任万君,等. 烯效唑拌种对小麦光合作用和<sup>14</sup>C 同化物分配的影响[J]. 作物学报,2005,31(9):1173-1178.
- [7] 惠红霞,许兴,李树华,等. 不同春小麦品种(系)光合生理特性差异研究[J]. 甘肃农业科技,2003,1(1):19-21.
- [8] 李树华,惠红霞,许兴. 宁夏春小麦光合性能的初步研究[J]. 宁夏农林科技,2000,1(1):6-10.
- [9] 何海军,王晓娟. 复合群体中玉米光合特性日变化研究[J]. 玉米科学,2006,14(1):104-106.
- [10] 牛立元,茹振钢,刘明久. 小麦光合作用日变化及光合潜势评价方法研究[J]. 麦类作物学报,2002,22(2):51-54.
- [11] 夏江宝,刘信儒,王贵霞,等. 土壤水分及环境因子对刺楸叶片气体交换的影响[J]. 水土保持学报,2005,19(2):179-183.
- [12] 宋建民,田纪春,赵世杰,等. 中午强光胁迫下高蛋白小麦旗叶的光合特性[J]. 植物生理学报,1999,25(3):209-213.
- [13] 许大全. 光合作用气孔限制分析中的一些问题[J]. 植物生理学通讯,1997,33(4):241-244.
- [14] 徐克章,黑田荣喜,平野贡. 水稻叶片的光合日变化(简报)[J]. 植物生理学报,1994,30(5):340-343.
- [15] 张荣铎,程在全,方志伟,等. 关于小麦叶片净光合速率高值持续期的初步研究[J]. 南京师范大学学报:自然科学版,1992,15(S):76-86.

(上接第 12652 页)

过除分枝数、主茎节数外的 4 个性状对单株产量有较小的间接正效应。荚长对单株产量的影响仅次于豆荚数,在生产中通过增大豆荚长度来提高单株产量也有一定效果。荚重与单株产量的相关系数为 0.393 4,对单株产量的通径系数和直接决定效应分别为 0.141 7 和 0.020 1,贡献为 0.055 7,说明荚重对单株产量的影响效应不太大,而且主要通过其他性状的间接效应来实现。值得一提的是,荚重与荚长的相关系数达到了 0.735 9,呈极显著正相关。在生产中,荚长的增加,往往会使荚重增加,进而使单株产量增加。

### 3.3 花序数、分枝数、主茎高及主茎节数对单株产量的影响

花序数、分枝数、主茎高及主茎节数与单株产量的相关系数不显著,直接通径系数、直接效应都较小或微弱,对单株产

量的贡献微小,而且通过其他性状对单株产量产生的影响也小。因此,在提高单株产量时这些性状不能作为重要因素考虑。

### 参考文献

- [1] 朱美蓉. 美国无架豇豆[J]. 长江蔬菜,1992(2):29-30.
- [2] 佚名. 美国无架豇豆的特点与栽培[J]. 吉林蔬菜,1996(3):9.
- [3] 吕爱芹,尹守恒,陈中府. 豇豆无公害高产高效栽培技术[J]. 现代农业科技,2005(9):4.
- [4] 徐跃进,周兰标. 无架豇豆种子高产栽培技术方案研究[J]. 种子,1997(6):12-14.
- [5] 王飞马. 豇豆优良品种介绍[J]. 农村科技开发,1997(1):15.
- [6] 吕松杰. 白粒无架豇豆及其栽培技术[J]. 北京农业,1996(3):35-36.
- [7] 张存良,殷毓芬,吴祥云. 作物产量构成因素通径分析方法的再商榷[J]. 作物杂志,1994(1):28-30.
- [8] 刘德金. 农业试验设计与分析[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2005.